

FACULTÉ DE MEDECINE DE PARIS

ANNÉE 1936

N°

648

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT EN MEDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

M. DELON Louis

Né le 27 Novembre 1906 à Decazelle (Aveyron)

Topographie et rôle
du
Nucleus pulposus

Président de thèse : M. ROUVIERE, Professeur

PARIS
LIBRAIRIE LIPSCHUTZ
4, Place de l'Odéon

1936

ANNÉE 1936

N°

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT EN MEDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

M. DELON Louis

Né le 27 Novembre 1906 à Decazelle (Aveyron)

Topographie et rôle du Nucleus pulposus

Président de thèse : M. ROUVIERE, Professeur

PARIS
LIBRAIRIE LIPSCHUTZ
4, Place de l'Odéon

1936

IV. — AGREGÉS CHARGES DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

A TITRE PERMANENT

MM.		MM.	
B. AMI.	} Clinique médicale	BASSET.	} Clinique chirurgicale
ALAJOUANINE.		BROCQ.	
AUBERTIN.		CADENAT.	
BRULÉ.		GATELLIER.	
CHABROL.		HEITZ-BOYER.	
CHIRAY.		MOURE.	
DONZELOT.		QUENU.	
DUVOIR.		SCHWARTZ.	
LIAN.		VELTER.	
PASTEUR-VALLERY- RADOT.			
SEZARY.			
MM.			
ECALLE	} Clinique obstétricale.		
GUENIOT.			
LE LORIER.			
LEVY-SOLAL.			
METZGER			

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

V. — CHARGES DE COURS

	MM.
Education physique.....	CHAILLEY-BERT, agrégé.
Radiologie clinique.....	LEDOUX-LEBARD.
Puériculture	WEIL-HALLÉ.
Stomatologie.....	RUPPE.

A MON GRAND-PERE

*Qu'il voit là, un témoignage de
ma filiale affection.*

A MA MERE ET A MON PERE

*Leur bonté et leur inlassable
dévouement m'ont permis de
poursuivre en toute quiétude
de longues études mathéma-
tiques, pharmaceutiques et
médicales.*

*Qu'ils voient, dans ce travail,
un tribut à l'immense recon-
naissance que je leur voue. Je
ne saurais assez dire ici tout
ce que je leur dois.*

A MA FIANCEE

Au Docteur GEORGES RODILLON

PRÉSIDENT HONORAIRE DE L'ASSOCIATION DES BIOLOGISTES
PHARMACIENS

*Qu'il trouve ici l'expression de
mes sentiments affectueux et
de ma vive reconnaissance
pour tous les conseils qu'il
m'a donnés.*

A Madame GEORGES RODILLON

En affectueux hommages.

A Madame et à Monsieur PAUL MEUNIER

DOCTEUR ÈS-SCIENCES

A Madame et à Monsieur RAYMOND QUÈME

INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES

A Mademoiselle CHRISTIANE RODILLON

A Mademoiselle SUZANNE RODILLON

A mon Maître, le professeur H. ROUVIERE

OFFICIER DE LA LÉGION D'HONNEUR
MEMBRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

et à Madame H. ROUVIERE

En témoignage de mon affectueuse reconnaissance.

A MA TANTE ET A MON ONCLE

A mes Cousins :

Madame et Monsieur PIERRE TRIADOU

ANCIEN DIRECTEUR DES CONTRIBUTIONS INDIRECTES

CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

Madame et Monsieur ROGER CAGNEUL

INSPECTEUR DES FINANCES

Madame et Monsieur EMILE FONTANEL

A mes Amis :

FRANÇOIS MIALET

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

INGÉNIEUR DE L'ÉTAT DES PONTS ET CHAUSSÉES

THÉODORE LOISY

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

INGÉNIEUR DES MINES DE L'ÉTAT

A Madame JULIE TOURNIER

MEIS ET AMICIS

A la mémoire du professeur JEAN MARTIN
PROFESSEUR DE CLINIQUE UROLOGIQUE A LA FACULTÉ
DE TOULOUSE

*Mort victime du devoir.
Cité à l'ordre de la nation.*

A Madame JEAN MARTIN

A Monsieur le Professeur LAIGNEL-LAVASTINE

OFFICIER DE LA LÉGION D'HONNEUR
MEMBRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

*En témoignage de ma vive gra-
titude.*

A TOUS MES MAITRES DANS LES HOPITAUX
DE TOULOUSE ET DE PARIS

INTRODUCTION

Mon maître, M. le professeur Rouvière, m'a fait l'honneur de m'associer à certaines de ses recherches sur l'anatomie et la fonction mécanique du noyau pulpeux.

Les résultats de nos observations ont déjà fait l'objet d'une publication (1).

Ce sont ces mêmes observations qui forment une grande partie de ce travail.

Dans un 1^{er} chapitre, je résume les conclusions auxquelles sont arrivés les chercheurs qui se sont particulièrement occupés de la topographie et du rôle du noyau pulpeux.

Un 2^e chapitre a pour objet l'exposé de nos observations concernant la situation du *nucleus pulposus* dans la série des disques intervertébraux.

Dans le 3^e chapitre je donne la raison d'être, d'ordre mécanique, de cette topographie particulière, telle que nous l'avons déjà exposée avec mon maître, le professeur Rouvière.

(1) ROUVIÈRE H. et DELON L. — Topographie et rôle du noyau gélatineux des disques intervertébraux. *Echo Médical du Nord*, 1936, n° 21, p. 837-847.

Dans un 4^e chapitre, je démontre que le noyau pulpeux est une rotule.

Enfin dans une 5^e et dernière partie, je rapelle les propriétés physiques du noyau pulpeux et j'indique son rôle mécanique.

CHAPITRE PREMIER

RESUME DES TRAVAUX ANTERIEURS SUR LA TOPOGRAPHIE ET LE ROLE DU NOYAU PULPEUX

1° TOPOGRAPHIE DU NOYAU PULPEUX

La plupart des auteurs admettent que le noyau pulpeux siège au milieu du disque intervertébral. C'est ainsi que Braus (1) écrit : « La position de repos du noyau gélatineux dans les vertèbres qui peuvent être mobilisées également dans tous les sens est centrale (vertèbres lombaires et vertèbres cervicales). Dans les vertèbres thoraciques, poursuit Braus, il est excentrique, situé dorsalement par rapport au milieu... »

Fick (2) est d'un avis différent : « Le plus souvent, dit-il, la masse molle est située un peu excentriquement et, à la vérité, derrière le milieu, mais j'ai aussi rencontré déjà des disques ligamenteux chez lesquels le noyau gélatineux était situé plus latéralement ou

(1) BRAUS H. — Anatomie des Menschen. Bd. 1, Berlin, 1921, page 109.

(2) FICK R. — Handbuch der Anatomie des Menschen. Bd. 1, p. 62.

certainement dans le milieu, ou même en avant du milieu... »

Schmorl (3) qui s'est occupé de l'anatomie et de la pathologie du *nucleus pulposus* définit sa position de la façon suivante :

Il se trouve excentriquement à la limite entre le tiers moyen et le tiers postérieur du disque intervertébral, plus rarement certainement dans le milieu et quelque peu latéralement, très rarement dans la moitié antérieure.

Ross Smith Bournemouth (4) place lui aussi le nucléus un peu en arrière du centre du disque intervertébral.

E. Schrader (5) a constaté chez l'adulte que le noyau gélatineux était toujours excentrique et toujours en arrière du centre géométrique du corps vertébral. Cependant, en opposition avec les résultats trouvés chez l'adulte, Schrader a vu chez un enfant de six mois le noyau pulpeux siéger dans le segment antérieur des disques intervertébraux de la région lombaire.

Comme on le voit, l'accord n'existe pas sur la topographie du noyau dans le disque intervertébral.

(3) SCHMORL. — Die pathologische Anatomie des Wirbelsäule. *Verhandl. d. Orthop. Gesellsch.* Bd. 21, 1926.

(4) ROSS SMITH BOURNEMOUTH. — The intervertebral discs. *British Journal of Surgery*, 1930-1931, p. 358.

(5) E. SCHRADER. — Der Bau der Zwischenwirbelscheiben in seinen Beziehungen zur Beanspruchung. — *Zeitschrift f. Orthopädische Chirurgie.* Bd. 53, 1931, p. 642.

2° RÔLE DU NOYAU PULPEUX

Les avis sont également variés sur le rôle de ce noyau.

« C'est une substance gélatineuse blanchâtre, molle, bien différente de l'anencéphale fibreux qui l'entoure, bien que la limite entre ces deux formations ne soit pas bien tranchée et qu'il n'y ait pas de séparation brusque entre les deux structures. » (Schmorl) (6).

Le nucléus pulposus est une lentille gélatineuse sous pression contenue au sein de chaque disque intervertébral... « C'est un axe-rotule »... « c'est une rotule »... et ailleurs « c'est par le nucléus pulposus que se transmet la résultante des pressions gravidiques. » (Calvé et Galland) (7).

« Le noyau gélatineux est un noyau mucoïde élastique déformable et cependant incompressible..... Le noyau gélatineux transmet et répartit régulièrement les pressions sur toute la surface terminale des corps vertébraux. Il amortit les chocs. » (Roux) (8).

« Dans la colonne vertébrale chargée, le noyau gélatineux a été considéré comme une sorte de presse hydraulique ». (Roux) (9).

« Le Nucleus pulposus jaillissant en naturel turgor

(6) SCHMORL. — *Loc. cit.*

(7) CALVÉ J. et GALLAND M. — Physiologie pathologique du mal de Pott. *Revue d'Orthopédie et de Chirurgie de l'appareil moteur*, T. 17, 1930, n° 1.

(8) ROUX. — In Mauric G... — Le Disque intervertébral. Thèse de Paris, 1933, page 23.

(9) Roux. — In Schrader. *Loc. cit.*

comme un ressort pressé entre les corps vertébraux est appliqué à pousser ceux-ci loin l'un de l'autre et à rompre l'anneau fibreux... Le Nucleus est le centre du mouvement des deux vertèbres ». (Fick) (10).

« La comparaison avec un ressort n'est pas suffisante, car la force de tension du noyau n'agit pas seulement comme un ressort en haut et en bas, mais dans tous les sens. Le nucleus pulposus est un ballon sous pression..... Les courbures de la colonne vertébrale que nous avons montré être conditionnées par la forme des disques, peuvent aussi être dues à la force de pression normale du noyau pulpeux..... Dans la colonne vertébrale non chargée, immobile, par son turgor normal le nucleus pulposus doit conduire par sa force expansive à une tension de pression sur le système des faisceaux de l'anneau fibreux qui l'avoi-sinent..... La force de pression normale du noyau pulpeux et la tension de traction de l'anneau fibreux sont un facteur fonctionnel jouant un rôle dans la forme en coin des disques intervertébraux et la formation des courbures physiologiques de la colonne vertébrale ainsi que dans la dynamique de la colonne vertébrale. » (Schrader) (11).

« Le nucleus pulposus agit comme un pivot fluide se déplaçant lui-même pour aller en avant et sur tous les côtés, les mouvements étant comme dans une arthrodie. » (Monro) (12).

(10) FICK. — *Loc. cit.*

(11) SCHRADER. — *Loc. cit.*

(12) MONRO. — In Schrader, *loc. cit.*

CHAPITRE II

SITUATION DU NUCLEUS PULPOSUS DANS LE DISQUE INTERVERTEBRAL

Les disques intervertébraux compris entre les lames cartilagineuses qui recouvrent les surfaces articulaires des corps vertébraux se composent de deux parties : l'une périphérique, l'autre centrale.

La partie périphérique est un anneau fibreux dense, dont la texture est aujourd'hui bien connue.

La partie centrale est comprise à l'intérieur de l'anneau fibreux. On la désigne sous les noms de *nucleus pulposus*, noyau pulpeux ou de noyau gélatineux.

Il ne sera question que du noyau pulpeux dans ce travail.

C'est une masse humide, molle, gélatineuse, blanche, déformable et inextensible.

On sait que les disques intervertébraux amortissent et répartissent les pressions. Or, le noyau pulpeux, en raison de ses caractères et de ses propriétés

physiques, est la partie principale de chacun des centres amortisseurs et répartiteurs des pressions, représentés par les disques. On pourrait donc s'attendre, comme le dit Schrader (1), à trouver le nucleus sur la « ligne de charge » de la colonne vertébrale. Chez l'homme debout, en position normal, cette ligne passe près du bord postérieur des disques intervertébraux dans les régions cervicale et lombaire, et près de leur bord antérieur dans la partie dorsale de la colonne vertébrale. Or, à tous les étages de la colonne vertébrale, le noyau gélatineux se trouve en arrière du centre du corps vertébral (fig. 1). La position excentrique postérieure du noyau gélatineux paraît même un peu plus accentuée dans la région dorsale que dans les régions lombaire et cervicale. C'est ainsi, par exemple, que si l'on divise d'avant en arrière le disque intervertébral en 10 parties égales, le noyau pulpeux s'étend entre les quatre dixièmes antérieurs et les trois dixièmes postérieurs dans les régions cervicale et lombaire, tandis que dans la région dorsale le noyau pulpeux est compris entre les quatre dixièmes antérieurs et les deux dixièmes postérieurs.

Cependant ces précisions ne sont que relativement exactes, parce que la substance du noyau pulpeux n'est pas nettement distincte de l'anneau fibreux périphérique. Les deux parties, périphérique et centrale, du disque se pénètrent à leurs confins, de telle ma-

(1) SCHRADER E. — Der Bau der Zwischenwirbelscheiben in seinen Beziehungen zur Beanspruchung. *Zeitschrift f. Orthopädische chirurgie*, Bd 53, 1931, p. 6-42.

nière que leurs limites mutuelles sont confuses. Pour marquer ces limites, nous avons procédé de la manière suivante : nous avons enfoncé dans le noyau pulpeux l'une des branches effilées d'un compas ; nous l'avons ensuite rapprochée de l'autre branche appliquée alternativement sur la face antérieure, puis sur la face postérieure du disque, en exerçant une pression aussi égale que possible dans tous les cas et d'une force telle que les deux branches du compas ne paraissent enfin séparées l'une de l'autre que par l'anneau fibreux périphérique du disque. La figure I exprime les moyennes des mensurations ainsi faites sur trois colonnes vertébrales de sujets adultes, sectionnées sagittalement.

Ces mensurations sont exprimées de façon plus claire et plus précise encore que par l'image, dans les tableaux suivants.

Pour chaque sujet, le tableau 1 donne la hauteur moyenne de chaque noyau et celle des corps vertébraux. La hauteur du disque est mesurée par l'intervalle compris entre les deux surfaces cartilagineuses qui le limitent en haut et en bas. Par contre dans la hauteur des corps vertébraux nous comprenons celle des lames cartilagineuses qui recouvrent leurs surfaces articulaires.



FIG. 1

SUJET 1
TABLEAU I

DISQUES		Hauteur de la partie centrale du disque	VERTÈBRES	Hauteur de la partie centrale de la vertèbre, y compris les cartilages correspondants
		en $\frac{m}{m}$		en $\frac{o}{m}$
entre	2 et 3 cerv...	3,5	2 cerv.	3,5
	3 et 4 ..	3,5	3	1,3
	4 et 5 ..	3	4	1,3
	5 et 6 ..	3,5	5	1,2
	6 et 7 ..	4	6	1,2
	7 et 1 ..	4	7	1,3
entre	1 et 2 dors...	3,3	1 dors.	1,5
	2 et 3 ..	3	2	1,7
	3 et 4 ..	3	3	1,7
	4 et 5 ..	2,5	4	1,7
	5 et 6 ..	2,2	5	1,7
	6 et 7 ..	2,5	6	1,8
	7 et 8 ..	2,5	7	1,7
	8 et 9 ..	3	8	1,9
	9 et 10 ..	3,5	9	2
	10 et 11 ..		10	2,1
	11 et 12 ..	5	11	2,3
	12 et 1 ..	7	12	2,4
entre	1 et 2 lomb...	7	1 lomb.	2,5
	2 et 3 ..	6,5	2	2,5
	3 et 4 ..	6	3	2,6
	4 et 5 ..	5,5	4	2,4
	5 et 1 ^{re} sacr...	5	5	2,3

SUJET 1

TABLEAU II

DISQUES			Largeur du disque dans le sens antéro-postérieur	LARGEUR de l'anneau fibreux en avant du noyau	LARGEUR de l'anneau fibreux en arrière du noyau
			en $\frac{m}{m}$	en $\frac{m}{m}$	en $\frac{m}{m}$
entre	2 et 3	cerv...	15	3	3
	3 et 4	..	15	5	3
	4 et 5	..	15	5	3
	5 et 6	..	16	5	4
	6 et 7	..	16	5	5
	7 et 1	..	17	5	5
entre	1 et 2	dors...	18	6	4
	2 et 3	..	20	7	3
	3 et 4	..	22	7	4
	4 et 5	..	23-24	9	4
	5 et 6	..	25-26	9	5
	6 et 7	..	28	9	4
	7 et 8	..	29	8	6
	8 et 9	..	29	9	6
	9 et 10	..	30	10	6
	10 et 11	..	30	9	6
	11 et 12	..	30	8	8
entre	12 et 1	lomb...	31	8	8
	1 et 2	..			
	2 et 3	..			
	3 et 4	..			
	4 et 5	..			
	5 et sacr...	..			

Les quatre derniers disques sont anormaux ; le noyau central s'étend jusqu'au voisinage immédiat de la face postérieure du disque tandis que la largeur de celui-ci en avant du noyau mesure de 10 à 11 $\frac{m}{m}$.

SUJET 2

TABLEAU I

DISQUES		Hauteur de la partie centrale du disque	VERTÈBRES	Hauteur de la partie centrale de la vertèbre, y compris les cartilages correspondants
		en $\frac{m}{m}$		en $\frac{c}{m}$
entre	2 et 3 cerv...	3,5	2 cerv.	3 5
	3 et 4 ..	3,5	3	1,2
	4 et 5 ..	3	4	1,3
	5 et 6 ..	3,5	5	1,2
	6 et 7 ..	4	6	1,1
	7 et 1 ..	3	7	1,2
entre	1 et 2 dors...	3,2	1 dors.	1,4
	2 et 3 ..	3	2	1,5
	3 et 4 ..	2,8	3	1,6
	4 et 5 ..	2,5	4	1,7
	5 et 6 ..	2,7	5	1,7
	6 et 7 ..	3,5	6	1,8
	7 et 8 ..	3,5	7	1,9
	8 et 9 ..	3	8	1,9
	9 et 10 ..	3,2	9	2
	10 et 11 ..	4	10	2,5
	11 et 12 ..	4	11	2,1
			12	2,2
entre	12 et 1 lomb..	5,2	1 lomb.	2 4
	1 et 2 ..	6,2	2	2,5
	2 et 3 ..	Les disques sont ici remplacés par une cavité.	3	2,5
	3 et 4 ..		4	2,5
	4 et 5 ..		5	2,4
	5 et sacr.....			

SUJET 2

TABLEAU II

DISQUES		Largeur du disque dans le sens antéro-postérieur	LARGEUR de l'anneau fibreux en avant du noyau	LARGEUR de l'anneau fibreux en arrière du noyau
		en $\frac{m}{m}$	en $\frac{0}{m}$	en $\frac{m}{m}$
entre 2 et 3 cerv...	2 et 3 cerv...	14 - 15	3,5	2
	3 et 4 ..	14 - 15	4	3
	4 et 5 ..	15	4	4
	5 et 6 ..	16	5,5	5
	6 et 7 ..	16	5	4,5
entre 7 et 1 dors...	7 et 1 dors...	20	8	5
	1 et 2 ..	19	7	2,5
	2 et 3 ..	19	8	3
	3 et 4 ..	22	8,5	5
	4 et 5 ..	23	8,5	5
	5 et 6 ..	25	10	4
	6 et 7 ..	27	10	3
	7 et 8 ..	27	11	4
	8 et 9 ..	30	13	6
	9 et 10 ..	29	14	6
	10 et 11 ..	28	11	5
	11 et 12 ..	26	9	7
entre 12 et 1 lomb..	12 et 1 lomb..	29	8	6
	1 et 2 ..	29	9	7
	2 et 3 ..	31	9	6
	3 et 4 ..	34	12	9
	4 et 5 ..	34	12	9
5 et sacr.....		31	8	?

SUJET 3
TABLEAU I

DISQUES		Hauteur de la partie centrale du disque	VERTÈBRES	Hauteur de la partie centrale de la vertèbre. y compris les cartilages correspondants
		en $\frac{m}{m}$		en $\frac{c}{m}$
entre	2 et 3 cerv ..	3,5	2 cerv.	3,7
	3 et 4 ..	3	3	1,3
	4 et 5 ..	2,5	4	1,3
	5 et 6 ..	1,5	5	1,2
	6 et 7 ..	2,5	6	1,2
	7 et 1 ..	2,3	7	1,5
entre	1 et 2 dors...	2,3	1	1,6
	2 et 3 ..	2	2	1,7
	3 et 4 ..	2	3	1,6
	4 et 5 ..	2	4	1,6
	5 et 6 ..	2	5	1,8
	6 et 7 ..	2	6	1,9
	7 et 8 ..	2,5	7	1,9
	8 et 9 ..	2,8	8	1,9
	9 et 10 ..	3,5	9	2
	10 et 11 ..	4	10	2,1
	11 et 12 ..	5	11	2,4
			12	2,5
entre	12 et 1 lomb..	5	1	2,5
	1 et 2 ..	7,5	2	2,5
	2 et 3 ..	8	3	2,6
	3 et 4 ..	8	4	2,7
	4 et 5 ..	7	5	2,7 = sacralisation
	5 et sacr.....	sacralisation		

SUJET 3

TABLEAU II

DISQUES		Largeur du disque dans le sens antéro-postérieur	LARGEUR de l'anneau fibreux en avant du noyau	LARGEUR de l'anneau fibreux en arrière du noyau
		en $\frac{m}{m}$	en $\frac{m}{m}$	
entre	2 et 3 cerv...	15	4	2
	3 et 4 ..	15	4,5	2
	4 et 5 ..	16 - 17	4	2
	5 et 6 ..	17	4	4
	6 et 7 ..	17	1 (anormale)	1 (anormale)
entre	7 et 1 ..	17	4	4
	1 et 2 ..	20	4	4
	2 et 3 ..	23	5	3
	3 et 4 ..	23	8	2
	4 et 5 ..	23	9	5
	5 et 6 ..	25	8	4
	6 et 7 ..	26	8,5	4
	7 et 8 ..	27	10	4
	8 et 9 ..	28	11	6
	9 et 10 ..	28	10	6
	10 et 11 ..	28	9	6
	11 et 12 ..	29	8	8
entre	12 et 1 lomb..	31	10	4
	1 et 2 ..	31	10	5
	2 et 3 ..	31,5	9	7
	3 et 4 ..	32	10	5
	4 et 5 ..	32	8	2
	5 et sacr.	sacralisation	sacralisation	sacralisation

De ce qui précède, il résulte, donc que 1° le noyau pulpeux est chez l'homme, en position excentrique postérieure; 2° chez l'homme, la ligne de charge passe par le noyau pulpeux dans les régions cervicale et lombaire, elle est au contraire en avant des noyaux pulpeux dans la région dorsale.

Il convient de remarquer qu'il n'en est pas de même chez les quadrupèdes. Schrader (2) a montré, en effet, que la position des noyaux pulpeux répond dans toute la colonne vertébrale du chien, de la chèvre et du lapin, à la région des disques sur laquelle s'exercent plus particulièrement les pressions.

(2) SCHRADER. — *Loc. cit.*

CHAPITRE III

CAUSE DE LA SITUATION EXCENTRIQUE DU NOYAU PULPEUX

On a donné, de la position postérieure excentrique du noyau pulpeux, des raisons diverses. Certains en ont cherché la cause dans le mécanisme des articulations intervertébrales. C'est ainsi que Calvé et Galland pensent que le siège du noyau gélatineux à l'union des deux tiers antérieurs et du tiers postérieur est le meilleur « en vue de la libre exécution des mouvements sagittaux » (1).

Ces auteurs disent que la position excentrique postérieure du noyau est favorable à une plus grande amplitude des mouvements de flexion et d'extension des corps vertébraux ou à une plus « libre exécution des mouvements sagittaux ». Cette opinion ne peut être admise. C'est, en effet, dans la région dorsale de

(1) CALVÉ et GALLAND, in MAURIC G. — Le disque intervertébral. *Thèse de Paris*, 1933, p. 23.

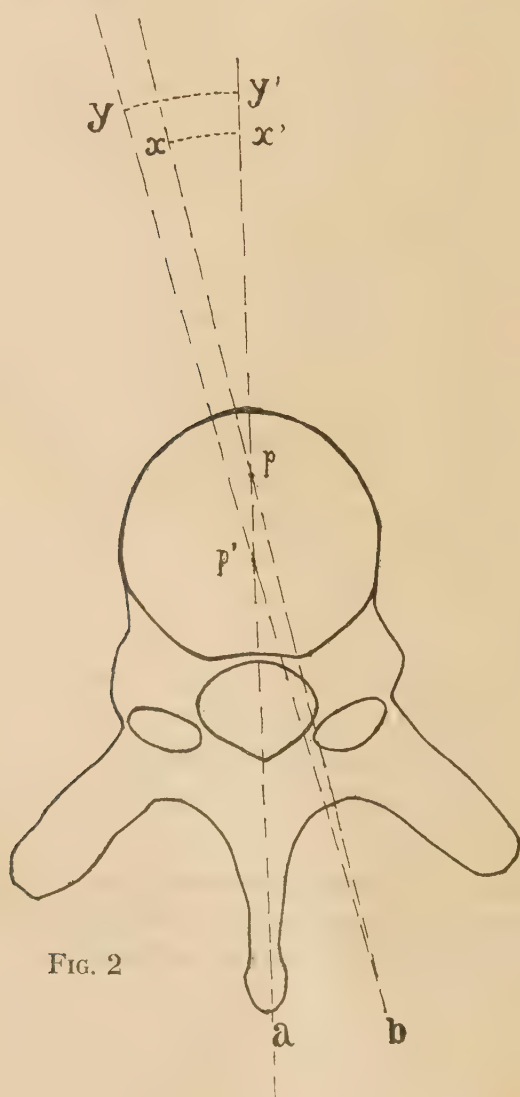
la colonne vertébrale que la position excentrique postérieure du nucleus est le plus accentuée, alors que c'est dans cette même région dorsale que les mouvements de flexion et d'extension sont le plus limités. L'amplitude de ces mouvements est proportionnelle au rapport qui existe entre la hauteur du ménisque, d'une part, et la longueur de l'axe antéro-postérieur des surfaces articulaires des corps vertébraux. Or, c'est évidemment dans la région dorsale de la colonne vertébrale que ce rapport est le plus faible.

On a vu plus haut que Fick considère le noyau pulpeux comme un centre de mouvement. C'est pourquoi on dira peut-être encore que le noyau gélatineux représente l'axe autour duquel s'accomplissent les mouvements de rotation de la partie dorsale de la colonne vertébrale et que sa position excentrique postérieure augmente l'amplitude de ces mouvements. En effet, il est évident, comme le montre la figure 2, que pour un déplacement *ab* du sommet de l'apophyse épineuse, le mouvement de rotation du corps vertébral sera d'autant plus grand que l'axe autour duquel s'accomplit la rotation est plus postérieur. Si l'axe est au point *p*, le déplacement sera mesuré par l'angle *xx'*. Si l'axe est en *p'* le déplacement marqué par les lignes *yy'* est beaucoup plus grand.

Toutefois ceci n'est vrai que pour la région dorsale du rachis (fig. 3).

Au cou et à la région lombaire, l'axe de rotation des vertèbres ne passe pas en avant des apophyses articulaires, par le disque intervertébral et le corps

vertébral, mais il est en arrière des articulations des apophyses articulaires. Pour les quatre dernières cervicales, il passe notablement en arrière des apophyses épineuses (fig. 4), tandis que l'axe de rotation des vertèbres lombaires siège à peu près à l'extrémité antérieure de l'apophyse épineuse de la vertèbre correspondante (fig. 5).



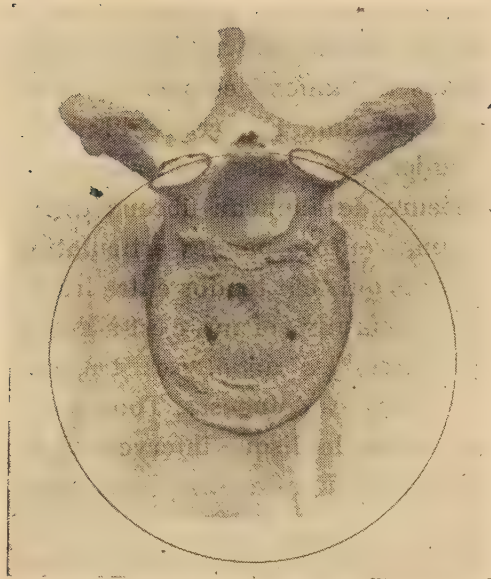


FIG. 3

De plus les mouvements de rotation dans les articulations qui unissent entre elles les quatre dernières vertèbres du cou et surtout dans les articulations intervertébrales de la région lombaire, sont très limités.

Il ne faut donc pas chercher dans la mécanique des mouvements de la colonne vertébrale la cause de la situation excentrique du nucléus pulposus.

Cette cause se trouve dans la situation des divers ligaments qui unissent deux vertèbres voisines.

En avant du noyau pulpeux, les vertèbres sont reliées entre elles par le ligament vertébral commun antérieur et surtout par l'anneau fibreux du disque

intervertébral qui est ici très large ; il est aussi très large de chaque côté du noyau pulpeux où l'anneau fibreux assure seul l'union des parties correspondantes des corps vertébraux. En arrière du noyau les vertèbres sont unies entre elles, non seulement par la partie postérieure de l'anneau fibreux du disque intervertébral, mais encore par les articulations et par tous les ligaments qui sont tendus entre les différentes parties des arcs neuraux voisins, c'est-à-dire : les apophyses articulaires, les apophyses transverses, les lames et les apophyses épineuses. Tous ces ligaments suppléent en arrière le disque intervertébral, de telle sorte que, en application du principe suivant lequel :



FIG. 4

la force et la résistance à la rupture des ligaments sont proportionnelles à l'importance de leurs fonctions, la partie fibreuse du disque intervertébral est bien plus faible en arrière du noyau pulpeux que partout ailleurs.

Une telle inégalité dans la largeur de l'anneau fibreux périphérique a évidemment pour effet de placer le noyau pulpeux en position excentrique postérieure, c'est-à-dire plus près du bord postérieur que du bord antérieur du disque .



FIG. 5

CHAPITRE IV

LE NUCLEUS PULPOSUS EST UNE ROTULE DEMONSTRATION

La masse du noyau pulpeux est « extraordinairement changeante de forme, mais incompressible » (Schrader). Il est généralement admis, comme nous l'avons déjà signalé, qu'elle possède une force d'expansion telle que le noyau pulpeux agit comme un « ressort (Fick) (1), comme un « ressort comprimé » (Geist) (2), plus exactement comme un « ballon sous pression », car cette force d'expansion se manifeste dans toutes les directions (Schrader).

L'existence de la force d'expansion est démontrée par les expériences suivantes : 1° Si l'on pratique une coupe sagittale, frontale ou horizontale du disque intervertébral, passant à travers le noyau pul-

(1) FICK R. — *Loc. cit.*

(2) GEIST E. — The intervertebral disc. *Journal Amér. Méd. Assoc.*, 1931, t. 96, p. 1676.

peux, celui-ci fait aussitôt hernie sur la surface de section ; cependant, comme l'a montré R. Smith (3), la hernie ne se produit plus chez les sujets âgés ; 2° Si l'on enlève le tissu osseux d'une vertèbre, jusqu'à la lame osseuse attenante à la couche cartilagineuse du disque intervertébral, cette lame osseuse bombe en forme de voûte au-dessus du noyau pulpeux ; 3° Enfin, si l'on perfore une vertèbre ainsi que la couche cartilagineuse qui la sépare du nucleus, celui-ci fuse vers le tissu spongieux de la vertèbre.

Dans les mouvements de la colonne vertébrale, le noyau pulpeux se comporte comme une *rotule*.

—
La Rotule est la réalisation d'un concept mécanique, qui est *l'appui simple*. L'appui simple est tel que toutes les forces (forces directement appliquées et réaction) passent par un point fixe.

Plus simplement, la rotule est l'articulation présentant un point fixe.

On peut de la façon suivante réaliser une rotule :

On prend une boule de cuivre fixée à une tige rigide, ou toute autre armature solide, qui glisse avec frottement doux, dans une cupule sphérique qui engaine la boule et qui l'engaine de telle façon qu'elle soit assujettie à ne pas quitter cette cupule sphérique. Pour réaliser commodément cette sorte de mâchoire, le diamètre équatorial de la bille doit être à l'intérieur de la cupule sphérique. Si l'on adapte une tige

(3) SMITH R. — The intervertebral disc. *The British Journal of Surgery*, 1930-31, vol. 18, p. 358.

rigide à la cupule sphérique, on obtient ainsi une articulation rotule puisque on a réalisé une articulation répondant à la définition de la Rotule, car les forces extérieures comprenant les forces directement appliquées au système et la réaction passent bien par un point fixe qui est le centre commun des deux sphères concentriques.

Les mouvements, autour de cette articulation, se font dans tous les sens. L'un des corps de ce système peut tourner angulairement dans tous les azimuts autour de ce centre. Tout se passe en effet, comme si l'un des corps était terminé par une pointe très dure prenant appui au centre commun des deux sphères concentriques.

On a dit aussi que le noyau pulpeux se comportait comme un axe-rotule. Calvé et Galland (4) écrivent :

« Nous avons personnellement établi certains points de physiologie. C'est ainsi que le nucleus pulposus est un véritable axe-rotule interposé entre deux corps vertébraux adjacents ».

Cette expression d'axe-rotule, nous l'avons retrouvée souvent et il semble qu'elle ait frappé l'imagination des auteurs qui ont vu dans ce vocable une façon sensible de faire comprendre le rôle du nucleus pulposus dans les différents mouvements de la colonne vertébrale.

(4) CALVÉ (J.) et GALLAND (M). — *Presse médicale* du 16 Avril, 1930.

Or, quand on essaie de préciser, au point de vue mécanique, plus exactement au point de vue de la mécanique mathématique, le concept d'axe-rotule, on s'aperçoit qu'il ne correspond pas à la réalité.

L'axe-rotule est un axe assujéti à passer par un point fixe.

On peut définir une droite par deux conditions (par exemple, passer par deux points donnés

$$M_0(x_0, y_0) \text{ et } M_1(x_1, y_1)$$

ou passer par un point donné $M_0(x_0, y_0)$ et être parallèle à une direction donnée de paramètres directeurs (α, β)].

En effet l'équation d'une droite est de la forme

$$1) \quad ax + by + c = 0$$

Nous voyons que cette équation dépend de deux paramètres puisqu'on peut diviser par l'un des coefficients et écrire l'équation sous la forme :

$$2) \quad y = ax + b.$$

Parler d'un axe, c'est se donner une droite avec sa direction et un sens sur cette direction. Cette condition détermine le coefficient angulaire a , par la relation $a = \frac{\beta}{\alpha}$.

Dire de plus que cet axe est un axe-rotule c'est imposer à cette droite déjà parallèle à une direction donnée de passer par un point fixe M_0 de coordonnées x_0, y_0 .

L'équation de cet axe-rotule est donc

$$3) \frac{x - x_0}{\alpha} = \frac{y - y_0}{\beta}$$

C'est donc l'équation d'une droite fixe en position et direction.

On voit immédiatement que si l'on admet cette définition du nucleus, les mouvements de la colonne vertébrale ne s'effectuant qu'autour d'un axe déterminé, passant par un point fixe, ne se feront qu'en nombre limité. Les seuls mouvements possibles autour d'une droite fixe, ne sont en effet que des mouvements de rotation et de translation.

Autrement dit, si nous considérons un point invariablement lié sur la vertèbre il décrira dans un mouvement de rotation autour de cet axe, un angle de rotation égal à 2π . Il balayera un plan, au lieu de balayer l'espace.

Or, nous savons que les articulations des corps vertébraux, peuvent exécuter une infinité de mouvements. Seule l'articulation rotule peut permettre une telle réalisation.

De plus, les mêmes auteurs Calvé et Galland, qui avaient considéré le nucleus pulposus comme un axe-rotule définissent dans un autre article, le nucleus pulposus comme une rotule. Ils écrivent :

« On conçoit que le nucleus pulposus sous pression réalise entre les deux vertèbres adjacentes une véritable rotule mécanique ». Ils donnent une preuve

radiologique (Calvé et Galland) (5). Quant à nous, nous croyons que la meilleure preuve que l'on puisse donner du fait que le nucleus joue vraiment le rôle rotule est de montrer que le nucleus répond à la définition mécanique de l'articulation rotule.

Le Nucleus pulposus, peut être défini, avons-nous déjà dit, comme une masse humide, molle, blanche déformable, inextensible. Une conséquence de cette définition veut que l'on soit en droit d'affirmer que le volume du Nucleus est constant, quelle que soit sa forme.

De plus, le Nucleus est entouré solidement par l'anneau fibreux périphérique qui, de par ses lamelles de fibres serrées et très solides, crée autour de lui une loge de forme parallélipipédique. Cette loge est ainsi limitée :

En avant : par le ligament vertébral commun antérieur et surtout par l'anneau fibreux du disque intervertébral qui est ici très large.

Sur les côtés : par l'anneau fibreux du disque intervertébral, très large et qui assure seul l'union des parties correspondantes des corps vertébraux.

En arrière : par la partie postérieure de l'anneau fibreux du disque intervertébral qui est étroite et par le ligament vertébral commun postérieur.

En bas et en haut, par les faces opposées des deux corps vertébraux.

(5) CALVÉ (J.) et GALLAND (M). — *Revue d'orthopédie et de chirurgie de l'appareil moteur*. T. 17, 1930, n° 1. Physiologie pathologique.

Evidemment, étant donné que le corps vertébral est une surface qui est symétrique par rapport à deux axes rectangulaires et par rapport à un centre, nous pouvons dire que le corps vertébral est symétrique par rapport à deux plans rectangulaires.

Evidemment, aussi, quand nous aurons étudié les mouvements de flexion et extension de la colonne vertébrale, nous aurons examiné du même coup, les mouvements d'inclinaison latérale. Ces derniers mouvements étant les précédents mais s'exécutant sur une colonne ayant subi une rotation de $\frac{\pi}{2}$.

L'anneau fibreux périphérique du disque intervertébral, composé de lamelles de fibres sérées et très solides entre croisées obliquement en sens inverse, renforcé en avant par le ligament vertébral commun antérieur et en arrière par le ligament vertébral postérieur, assigne au Nucleus pulposus des limites rigides. — Il en est de même sur les côtés. Les fibres de l'anneau fibreux périphérique s'insèrent profondément sur la zone osseuse compacte qui forme le pourtour des surfaces vertébrales, en continuité avec les fibres de Sharpey.

Le Nucleus pulposus ainsi contenu dans ce cadre ligamenteux ne pourra donc se déformer qu'en hauteur.

Etudions maintenant le mode de déformation du Nucleus pulposus au cours des mouvements de flexion-extension et de latéralité de la colonne vertébrale.

Pour pouvoir raisonner sur des figures géométriques, nous supposons que les faces de Nucleus, confusément curvilignes en réalité, sont planes. En faisant cette approximation, nous pouvons affirmer que nos propositions mathématiques sont vraies aux infini-

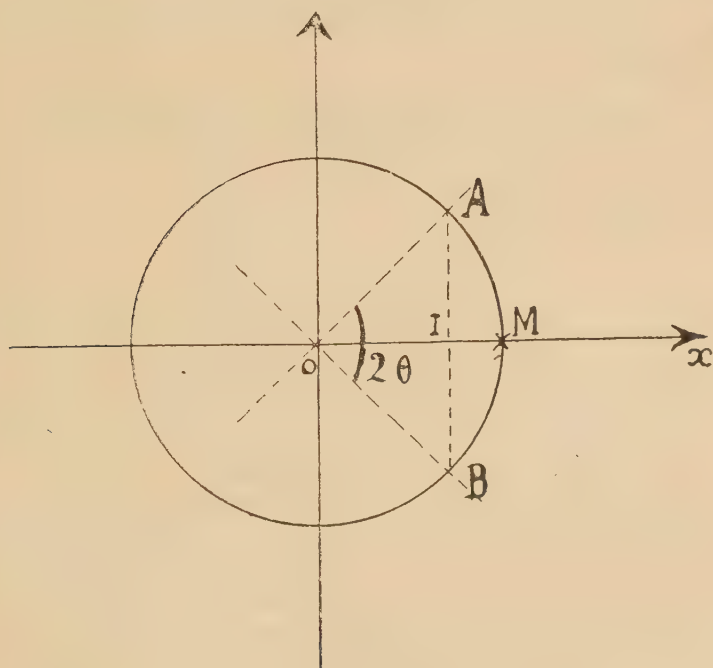


FIG. 6

ment petits du deuxième ordre près. Un petit calcul le montre. Raisonnons sur une section plane (fig. 6), soit une circonférence de centre o et de rayon R . Dire que nous confondons, dans l'espace, une surface confusément curviligne, avec une surface plane, c'est

dire que nous assimilons un élément différentiel d'aire dA d'une petite calotte sphérique à un élément de plan dP . Nous avons dit que nous raisonnions sur une section plane, notre approximation consiste donc à confondre la corde $\overline{AB}$ avec l'arc $\widehat{AB}$.

Appelons 2θ l'angle au centre, l'angle du secteur (AOMB).

Puisque M est le milieu de l'arc $\widehat{AB}$, nous avons :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{arc } \widehat{AM} = \text{arc } \frac{\widehat{AB}}{2} \\ \text{corde } \overline{AI} = \text{corde } \frac{\overline{AB}}{2} \end{array} \right.$$

or l'examen de la figure nous montre que l'on peut écrire :

$$\left\{ \begin{array}{l} 1) \text{ arc } \widehat{AB} = 2 R \theta \\ 2) \text{ corde } \overline{AB} = 2 R \sin \theta \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{L'angle } \theta \text{ étant} \\ \text{exprimé en radians.} \end{array} \right.$$

Par conséquent, nous avons :

$$\left\{ \begin{array}{l} 3) \overline{AI} = R \sin \theta \\ 4) \widehat{AM} = R \theta \end{array} \right.$$

Formons le rapport

$$5) \frac{\overline{AI}}{\widehat{AM}} = \frac{R \sin \theta}{R \theta} = \frac{\sin \theta}{\theta}$$

et cherchons la partie principale de cette expression

quand θ tend vers zéro. Pour cela faire, développons en série entière $\sin$

$$\sin \theta = \theta - \frac{\theta^3}{3!} + \frac{\theta^5}{5!} - \dots$$

Remplaçons $\sin \theta$, par son développement en série entière. Nous avons :

$$8/ \frac{\overline{AI}}{\widehat{AM}} = \frac{\theta \left[1 - \frac{\theta^2}{3!} + \frac{\theta^4}{5!} - \dots \right]}{\theta}$$

ou en supprimant θ au numérateur et au dénominateur

$$9/ \frac{\overline{AI}}{\widehat{AM}} = 1 - \frac{\theta^2}{3!} + \frac{\theta^4}{5!} - \dots$$

Nous voyons donc, qu'en négligeant les termes du deuxième degré, ce rapport tend vers 1' quand θ tend vers zéro.

Conclusion : Par conséquent l'arc est un infiniment petit équivalent à la corde, aux infiniment petits du second ordre près.

Nous avons donc le droit d'assimiler approximativement les surfaces limitant le nucleus pulposus en haut et en bas, à des surfaces planes.

Considérons maintenant la section sagittale médiane ; autrement dit faisons passer notre trait de scie par le diamètre antéro-postérieur médian et regardons la section obtenue (fig. 7).

La section du nucleus se présente avec les approxi-

mations que nous avons démontré être légitimes, sous la forme d'un rectangle ACBD. Les pointillés indiquent ce que sont, en réalité, les contours du Nucleus pulposus, tels qu'ils apparaissent sur la coupe de section.

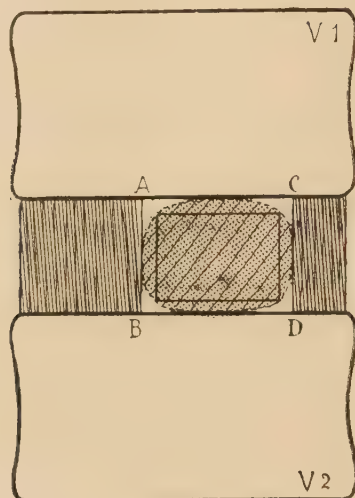


FIG. 7

Selon que l'on envisage un mouvement de flexion de la vertèbre sus-jacente au nucleus sur la vertèbre sous-jacente immobile, ou inversement, un mouvement de flexion de la vertèbre sous-jacente au nucleus sur la vertèbre sus-jacente immobile, l'une des deux faces, supérieure ou inférieure, ne subit pas de déformations ; les côtés AC ou BD (sections de ces faces supérieure et inférieure) sont de longueur constante, immuable du fait que toute immobilité leur est enlevée, par la présence des tractus fibreux

périphériques qui encerclent solidement le Nucleus pulposus.

Seuls par conséquent, les côtés AB et CD sont modifiables.

Du fait que la surface du rectangle est constante, la somme des deux côtés déformables reste donc éga-

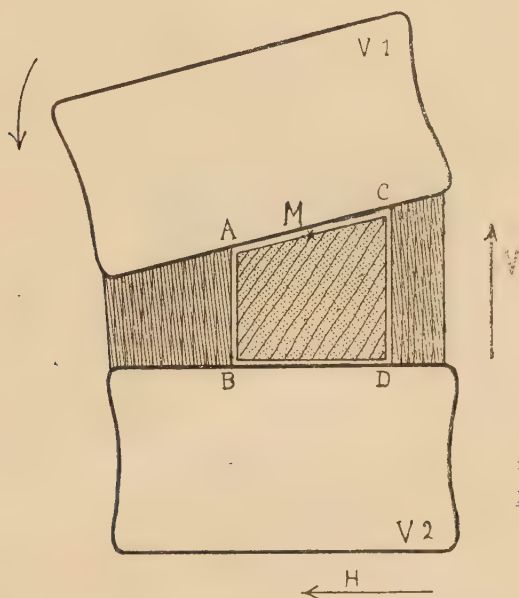


FIG. 8

lement constante et la surface obtenue dans toute déformation (fig. 8 et 9) va donc du rectangle (déformation zéro) au triangle rectangle pour une déformation maxima (fig. 10). Evidemment, en expérimentant nous même, nous n'avons pu obtenir cette image, les

moyens de fixité ligamentaires ne permettant pas une telle inclinaison de la vertèbre sus-jacente au nucleus sur la vertèbre sous-jacente,

Ce que nous avons pu obtenir, c'est la déformation intermédiaire dont la schématisation peut se faire en

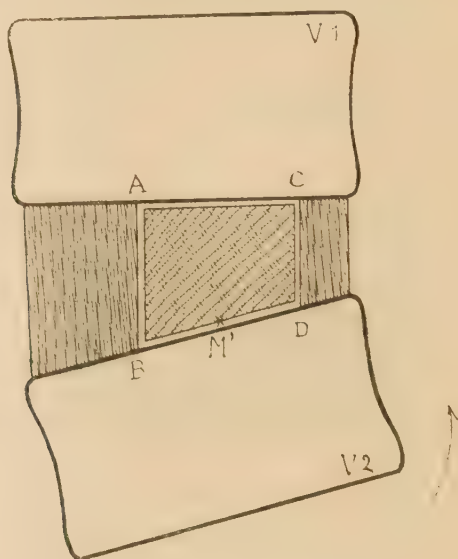


FIG. 9

représentant la figure intermédiaire entre un triangle rectangle et un rectangle, qui est un quadrilatère.

Pour une telle déformation, la coupe prend la forme d'un quadrilatère tel que DEFB (fig. 10). Nous remarquons tout de suite que les triangles représentés, opposés par le sommet EMC et AMF sont semblables et égaux.

Conclusion. Le point M est situé au milieu de AC.

Nous arrivons à cette conclusion que dans tout déplacement de la vertèbre sus-jacente au nucleus sur la vertèbre sous-jacente (mouvement de flexion) le Nucleus pulposus se déforme de telle façon que le point M correspondant est fixe.

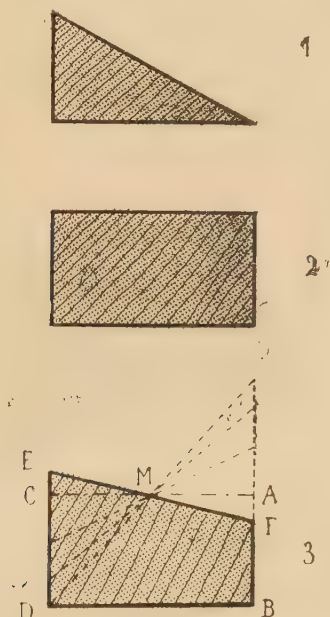


FIG. 10

Dès maintenant, fixons un axe vertical XY passant par le point M milieu de AC (fig. 11).

Nous avons supposé que la flexion de la colonne vertébrale est telle que c'est uniquement la vertèbre sus-jacente au nucleus qui s'est inclinée sur la vertèbre sous-jacente.

Voyons maintenant le cas où les deux vertèbres sont mobiles l'une sur l'autre.

Si la face inférieure du Nucleus n'a pas été immobilisée, autrement dit, si en même temps que la vertèbre sus-jacente au nucleus, la vertèbre sous-jacente s'est inclinée évidemment dans un sens opposé, le même raisonnement que nous avons fait relativement

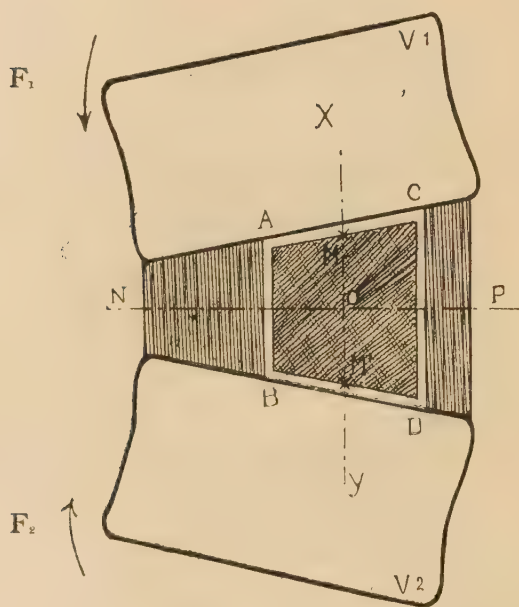


FIG. 11

à la face supérieure du Nucleus est applicable à la face inférieure. C'est-à-dire que nous allons considérer comme ci-dessus, la section longitudinale médiane du Nucleus et nous retrouverons facilement ainsi un autre point M' placé de ce fait aussi sur l'axe XY et symétrique du point M par rapport au centre O de la figure.

Il est évident, que l'inclinaison des faces peut n'être pas symétrique par rapport à l'horizontale ou si l'on veut se reporter à la section longitudinale, les inclinaisons des côtés AC et BD peuvent ne pas être symétriques par rapport à l'axe NP.

C'est évidemment le cas quand on exerce sur les deux corps vertébraux, des forces F_1 et F_2 dont non seulement le sens mais l'intensité diffèrent (fig. 11).

Enfin ce raisonnement valable pour un azimuth est valable pour tous les azimuths et cela par raison de symétrie.

La conclusion que nous pouvons tirer de cette courte étude, c'est qu'il existe dans le Nucleus, dans ses différentes positions pendant la flexion des vertèbres, deux lignes de points qui sont fixes :

Une ligne de points tels que M, et une ligne de points tels que M'.

Ces lignes de points tels que M et M' sont intéressantes à considérer à plusieurs points de vue, comme nous allons le voir.

Mais tout de suite disons qu'une remarque s'impose. Nous avons relaté que Calvé et Galland (6), avaient signalé que le nucleus pulposus est « l'axe des mouvements de flexion — extension. En effet, la hauteur du disque reste invariable au niveau du nucleus, alors que la hauteur de ce même disque di-

(6) CALVÉ (J.) et GALLAND (M). — Physiologie pathologique du mal de Pott. *Revue d'orthopédie et de chirurgie de l'appareil moteur*, T. 17, 1930 n° 1.

minue ou augmente soit en avant, soit en arrière du nucleus, suivant que le mouvement imprimé au rachis relève de la flexion ou de l'extension.

Ne nous est-il pas possible de dire que nous avons démontré ce qu'ils ont constaté à la radiographie ?

Cet axe de points tels que M et M' qui est constant, que nous venons de démontrer être fixe, n'est-ce pas le même axe dont ils parlent et qu'ils nomment l'axe de mouvement ?

Evidemment oui.

Mais cet axe n'est pas tout le nucleus. C'est une droite simplement située sur sa surface. Et il est bien évident qu'en ne considérant du nucleus que cette droite qui est tracée sur sa surface, c'est n'en considérer qu'une infime partie.

De plus, faisons remarquer que les points M et M'' dans n'importe quel mouvement de flexion, sont fixes et toujours aussi également distants l'un de l'autre.

Ils sont également tout deux placés à l'intersection de l'axe avec les côtés AC et BD, quand il s'agit d'une section du nucleus pour un plan médian antéro-postérieur.

La ligne de points tels que M et la ligne de points tels que M' (fig. 11) sont donc équidistantes. Nous verrons l'intérêt de cette remarque quelques pages plus loin ; de plus ces deux lignes sont parallèles.

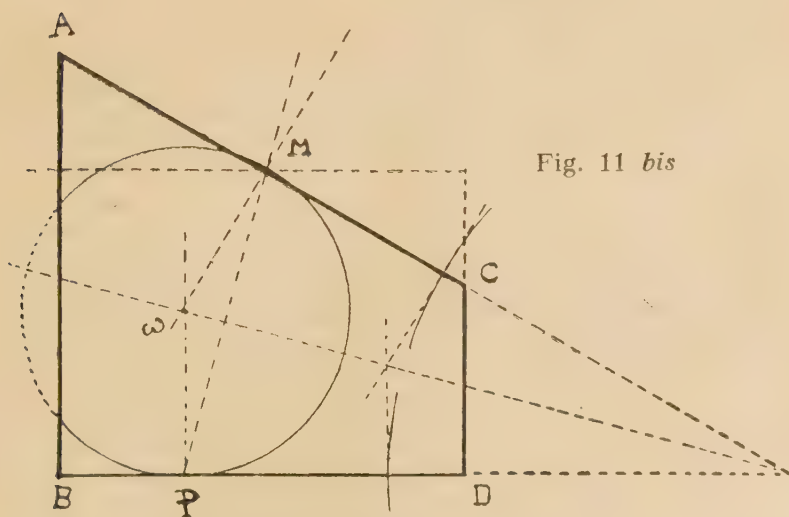
Dès lors, nanti de tous ces résultats qui sont très simples nous allons les réunir et raisonner sur eux.

Nous pouvons donc remplacer mécaniquement par-

lant, dans les mouvements de flexion de deux vertèbres le nucleus par une sphère. Il est en effet facile de construire une sphère tangente à deux plans donnés, en deux points M et P quelconque. Le problème n'admet qu'une solution, le centre de la sphère étant déterminé d'une façon unique, par l'intersection des deux normales aux deux plans en ces deux points. Nous pouvons facilement trouver l'équation du cercle tangent aux deux points M et P. Il est bien évident qu'en faisant passer par ce cercle une sphère, nous aurons remplacé le nucleus par une sphère tangente aux deux plans, dont es droites A et B sont les tracés sur un plan médian antéro-postérieur.

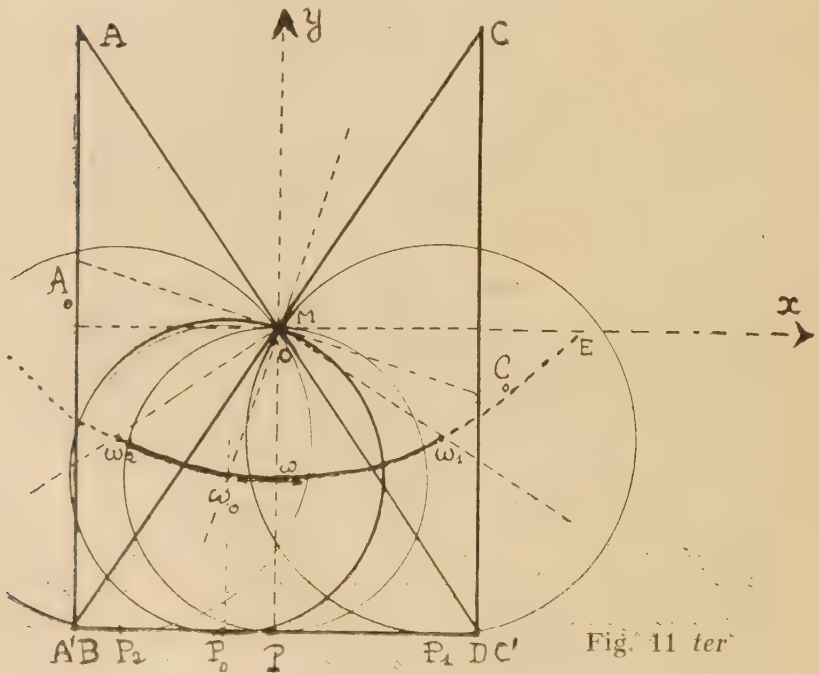
Pour traiter le problème considérons les deux cas suivants :

Premier cas. — La vertèbre sus-jacente au nucleus s'incline seule sur la vertèbre sous-jacente, qui reste immobile ; autrement dit, la section médiane antéro-postérieure intéresse le nucleus, selon la section ABCD (fig. 11 bis).



Nous pouvons construire un cercle de centre ω tangent en M à la droite AC et tangent à la droite BD en un point P.

La construction d'un tel cercle est indiquée sur la (fig. 11 bis). Nous pouvons faire passer une sphère ayant pour centre ω , par ce cercle : Une telle sphère sera tangente aux plans limitant le nucleus supérieurement et inférieurement, aux points M et P.



La figure 11 ter, montre, sur la section médiane antéro-postérieure, une famille de cercles et dans cette famille, il existe un cercle et un seul tangent à la fois à la droite AC en M et à la droite BD en P

dont les positions P, P_0, P_1, P_2 varient suivant l'inclinaison de la droite AC sur l'horizontale.

Il existe donc à chaque instant de la flexion-extension de la colonne vertébrale, une sphère nucléaire susceptible de jouer le rôle de rotule.

Evidemment, seules les parties des sphères qui sont à l'intérieur du nucleus sont à considérer.

Il est intéressant d'étudier le lieu des centres $\omega, \omega_0, \omega_1, \omega_2, \dots$

Traisons le problème analytiquement.

Soit M l'origine des coordonnées.

Soient ox et oy deux axes rectangulaires (fig. 11 ter). Soit ω_0 le centre d'un cercle tangent en M à la droite $A_0 C_0$ et en P_0 à la droite BD.

En désignant par t le coefficient angulaire de la droite $A_0 C_0$, et par α l'abscisse du centre, l'équation générale des cercles tangents à l'origine des coordonnées à la droite d'équation $y - tx = 0$ est :

$$1) \quad x^2 + y^2 - 2\alpha \left(x - \frac{y}{t}\right) = 0$$

Quand la droite $A_0 C_0$ tourne autour du point M, l'équation de ces cercles dépend de deux paramètres. Ecrivons que les cercles sont tangents à la droite fixe BD d'équation

$$y - a = 0$$

Cette condition déterminera une relation entre t et α et ainsi les cercles constitueront une famille dépendant d'un seul paramètre. Nous avons la relation :

$$2) \quad \alpha^2 + 2a\beta - a^2 = 0 \quad \text{avec} \quad \beta = -\frac{\alpha}{t}$$

Les centres $\omega_0 \omega_1 \omega_2 \dots$ décrivent donc un lieu dont l'équation est :

$$x^2 + 2 ay - a^2 = 0$$

Faisons un changement d'origine et transportons le point o en un point o' milieu de MM' . Il est bien évident que le point o' est le point ω et le point M' le point P .

$$Oo' = O\omega = -\frac{a}{2}$$

L'équation du lieu est maintenant :

$$x'^2 + 2 ay' = 0$$

C'est l'équation d'une parabole qui a pour directrice la droite BD et pour foyer l'origine.

Géométriquement d'ailleurs le lieu est évident. Nous avons en effet à chaque instant.

$$\omega o = \omega P \quad P = 0, 1, 2, \dots$$

D'ailleurs, la portion $\omega_2 \omega \omega_1$ fait seule partie du lieu.

Dans la littérature médicale, on compte une trentaine d'observations relatives à la calcification du noyau pulpeux. On peut imaginer aisément que l'on puisse matérialiser par la pensée dans ces cas-là le centre de la sphère nucléaire. Dans les divers mouvements de flexion, à la radiographie, on le verrait décrire son arc de parabole.

Deuxième cas. — Les deux vertèbres adjacentes, s'inclinent l'une sur l'autre. Sur la section, autrement dit, les deux droites AC et BD tournent autour des

points M et M' . La figure (12) donne la construction d'un cercle tangent en M à AC et en un point P variable de la droite BD . On peut faire passer une sphère de centre ω et tangente aux deux plans en M et en P .

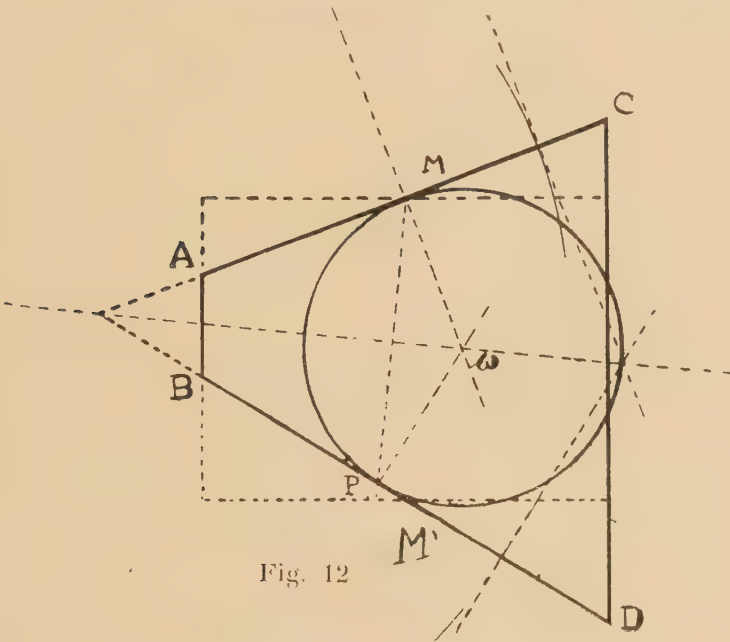


Fig. 12

Quand les deux plateaux vertébraux, limitant supérieurement et inférieurement le nucleus, s'inclinent sur l'horizontale, les centres de ces différentes sphères décrivent eux aussi un lieu (fig. 12 bis).

Les auteurs ont parlé de nucleus de pierre, de nucleus ovoïde. Nous pouvons à notre tour parler, par conséquent, de nucleus sphérique ou de nucleus en boule.

Muni de ces résultats, il nous semble que les mouvements de flexion — extension s'expliquent bien maintenant et l'on peut véritablement parler de mouvement autour d'une articulation rotule.

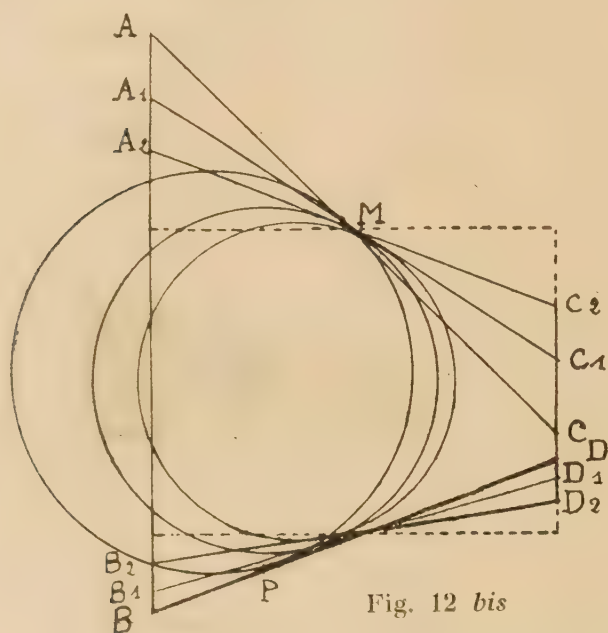


Fig. 12 bis

Quand s'effectuent les mouvements de flexion de deux vertèbres adjacentes l'une sur l'autre, le nucléus est comme chassé à la façon d'un « noyau de cerise » quand on presse la drupe entre ses doigts de façon à exercer une pression tangentielle.

Ainsi donc, quand la flexion de la vertèbre V_1 se fait sur la vertèbre V_2 (fig. 12 ter) dans le sens de la flèche 1, le point de contact se fait sur un point M_1 , infiniment

voisin bien entendu du point M. Corrélativement, le nucleus glisse, se déplace dans le sens de la flèche f .

Il est bien entendu qu'il s'agit de déplacements infinitésimaux. Notre raisonnement a été établi en nous basant sur des données de géométrie infinitésimale et il est bien juste, de par une naturelle logi-

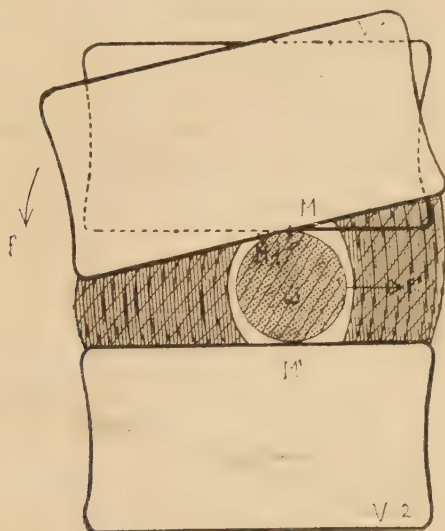


FIG. 12 ter

que, que nos résultats ne soient valables qu'aux infiniment petits du deuxième ordre près.

Le nucleus joue donc dans les mouvements de flexion et d'extension le rôle d'une rotule. A chaque instant en effet, les forces extérieures agissant sur lui, passent par un point fixe qui est le centre de la sphère ω .

A côté de ce mouvement de rotule, il existe un autre mouvement : c'est le mouvement de translation du nucleus au cours de la flexion — extension. C'est ce « mouvement de recul » du nucleus dont certains auteurs avaient parlé quand ils avaient remarqué à la radiographie la rétropulsion du nucléus en arrière, qui accompagne la flexion de la colonne vertébrale en avant. Ce mouvement de translation se fait dans le cas de la figure dans le sens de la flèche f'.

Quant aux mouvements de rotation de la colonne des corps vertébraux, ils sont aisés à comprendre, quand on a réussi à remplacer la « masse molle » et sans forme du noyau gélatineux, par une sphère nucléaire.

CHAPITRE V

ROLE MECANIQUE DU NOYAU PULPEUX

Puisque le noyau pulpeux se comporte comme une rotule, les articulations des corps vertébraux peuvent exécuter une infinité de mouvements.

Dans la statistique de la colonne vertébrale, le rôle du noyau pulpeux est plus difficile à analyser. Par son pouvoir d'expansion, le noyau pulpeux participe au maintien de l'équilibre de la colonne vertébrale. Ce rôle du nucléus pulposus a déjà fait l'objet d'une explication générale très claire, donnée par Schrader. Nous voulons pousser plus loin cette explication et l'appliquer aux cas particuliers par les vertèbres cervicales, dorsales et lombaires chez l'homme.

Etant bien entendu, d'après ce qui précède, que le noyau pulpeux disperse dans toutes les directions les forces de pression qu'il supporte, il est évident que s'il était placé au centre du disque, compris lui-

même entre deux surfaces vertébrales parallèles entre elles, son pouvoir d'expansion agirait avec une force égale dans toutes les directions (fig. 13). Or, chez

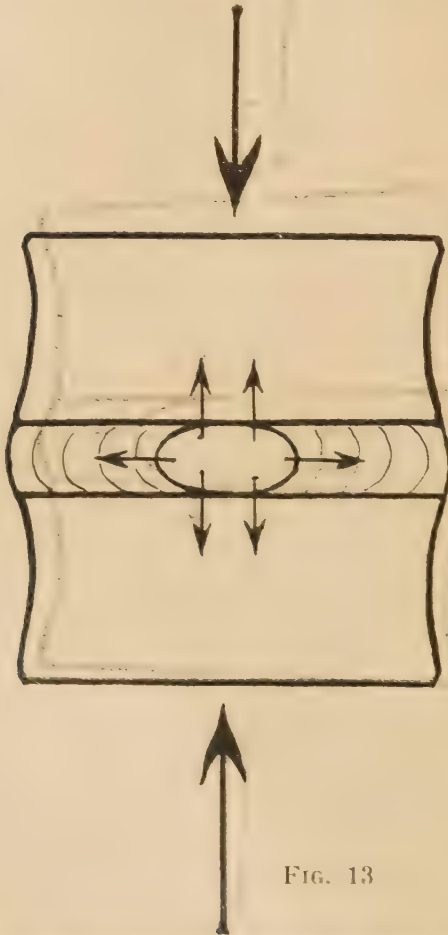


FIG. 13

l'homme, le nucléus n'est pas au centre du disque, mais en position excentrique postérieure. De plus, comme le montrent les mensurations faites par

Weber (1 et 2) corroborées par les nôtres, les surfaces articulaires en présence ne sont pas parallèles entre

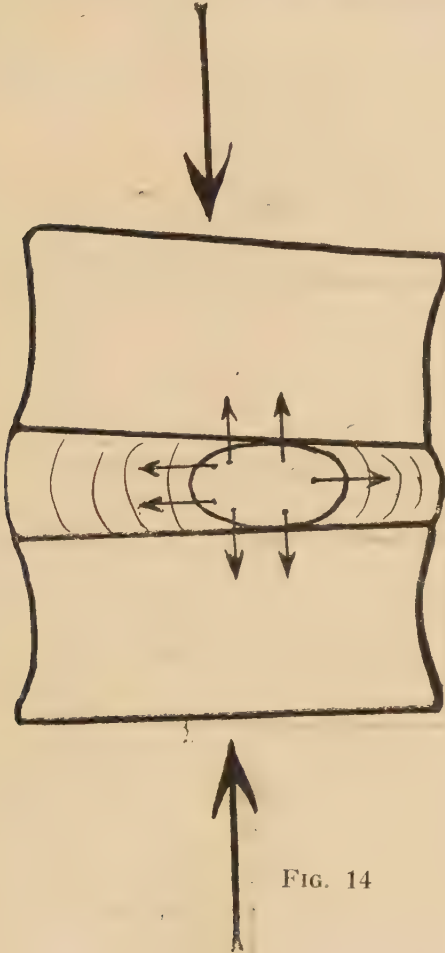


FIG. 14

(1) WEBER G. et E. — Traité de la mécanique des organes de la locomotion, in Traité d'ostéologie et de syndemologie par S.T. SOEMMERING, traduit par A.G.L. JOURDAN. Paris, *Baillière*, 1943.

(2) WEBER W. — Werke, Bd. 6, Mechanik der menschlicher Gehwerkzeuge, Berlin 1894.

elles, mais diversement inclinées l'une vers l'autre suivant les régions, mais à peu près de la même manière sur tous les sujets, de telle sorte que les disques intervertébraux, à l'exception du premier, sont taillés en coin, c'est-à-dire ont une hauteur différente en avant et en arrière.

Dans les disques intervertébraux de la partie cervicale (à l'exception du premier) et de la partie lombaire de la colonne vertébrale de l'homme (fig. 1 et fig. 14 et 15), les disques sont plus épais en avant qu'en arrière. Le *nucleus pulposus* en position excentrique postérieure est donc placé entre deux vertèbres dont les surfaces sont obliques l'une sur l'autre et se rapprochent l'une de l'autre d'avant en arrière. Il disperse dans tous les sens les forces de pression qu'il supporte : en haut et en bas, sur les vertèbres qu'il tend à écarter l'une de l'autre, mais aussi autour de lui, sur l'anneau fibreux du disque intervertébral. L'action du noyau pulpeux sur l'anneau fibreux est d'autant plus forte que la hauteur de celui-ci est plus grande. Le *nucleus* presse donc plus fortement sur la partie antérieure de l'anneau que sur sa partie postérieure. Par cette action, les faisceaux de l'anneau fibreux sont refoulés excentriquement, et, pour une poussée d'une force déterminée, ces faisceaux s'incurvent d'autant plus fortement que leur longueur est plus grande (fig. 14, 15 et 16). L'incurvation sera donc plus accusée en avant qu'en arrière.

Or, comme le montre la fig. 16, l'incurvation des faisceaux de l'anneau fibreux a pour effet de rappro-

cher les surfaces osseuses en présence. Par conséquent, la pression transmise par le noyau pulpeux à l'anneau fibreux du disque, tend à diminuer l'obi-

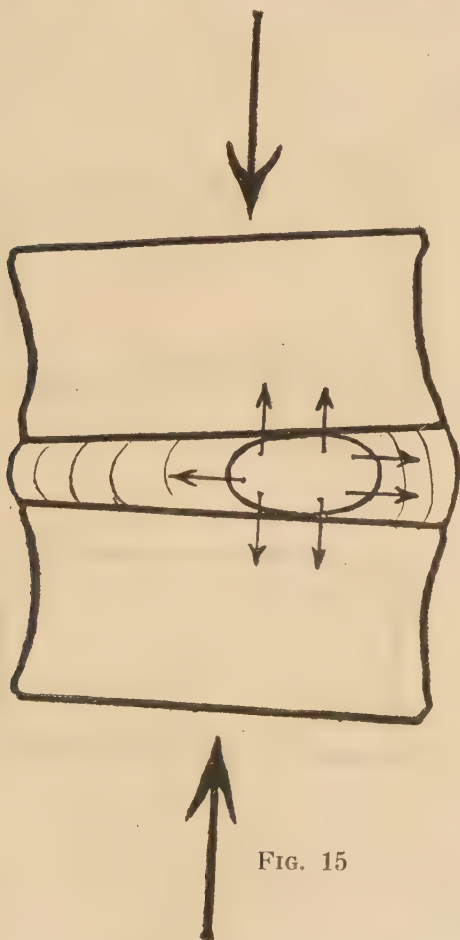


FIG. 15

quité des surfaces osseuses et à les rapprocher du parallélisme. Schrader a mis en évidence expérimentalement le rapprochement des surfaces articulaires

vertébrales que produit le noyau pulpeux en position excentrique, du côté où le disque présente sa plus grande épaisseur. Après avoir perforé la partie dorsale d'un disque intervertébral, chez le chien et chez le lapin, le noyau pulpeux a fait hernie à travers l'ouverture. La force de pression du nucleus était dès

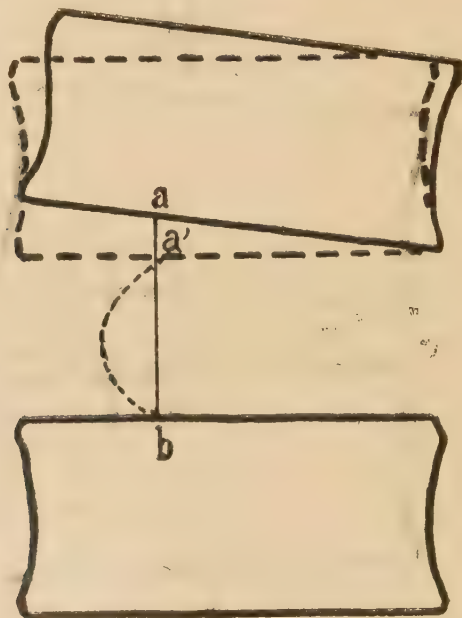


FIG. 16.

lors supprimée et Schrader a constaté que la hauteur de la partie ventrale du disque était augmentée.

Il suffit de jeter un coup d'œil sur la fig. 15 pour constater que dans la région dorsale de la colonne vertébrale où les disques sont plus épais en arrière qu'en avant, l'action du noyau pulpeux a un effet

inverse de celui qu'elle produit dans les régions cervicale et lombaire (comparez les fig. 14 et 15).

En repoussant excentriquement les faisceaux de l'anneau fibreux, et en les incurvant, la force transmise par le noyau pulpeux a encore pour résultat de donner à cet anneau qui est presque complètement privé d'éléments élastiques, une élasticité dont l'action est constamment en jeu, comme celle du noyau pulpeux qui la détermine, aussi bien dans la statique de la colonne vertébrale que dans les mouvements dont celle-ci est le siège.

CONCLUSIONS

1° Le noyau pulpeux se trouve normalement en position excentrique postérieure, c'est-à-dire que le centre du noyau est en arrière du centre du corps vertébral.

2° La situation excentrique postérieure du noyau gélatineux est consécutive à l'inégalité de largeur de l'anneau fibreux. L'anneau est beaucoup plus étroit en arrière qu'en avant, ce qui est dû à ce que l'anneau est suppléé en arrière par les nombreux ligaments qui unissent entre elles les apophyses articulaires, les apophyses transverses, les lames et les apophyses épineuses de deux vertèbres voisines.

3° Le noyau pulpeux se comporte comme une rotule.

4° Par son pouvoir d'expansion, le noyau pulpeux participe au maintien de l'équilibre de la colonne vertébrale.

Vu : *Le Doyen*

G. ROUSSY.

Vu : *Le Président*

ROUVIÈRE

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

S. CHARLETY.

Imprimerie spéciale de la LIBRAIRIE LIPSCHUTZ
